

PENGELOLAAN LAHAN ALTERNATIF UNTUK KONSERVASI SUMBERDAYA AIR DI DAS BATUGANTUNG, KOTA AMBON

A. Jacob

Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Pattimura
Jl. Ir. M. Putuhena, Kampus Poka Ambon

ABSTRAK

Degradasi lahan di daerah hulu DAS di pulau Ambon pada umumnya telah mengurangi ketersediaan sumber air bersih untuk masyarakatnya. Ketersediaan air bersih hanya mampu menyuplai 19,14% dari populasi masyarakat. Solusi jangka pendek dari penelitian ini adalah untuk menjawab masalah sumber daya air di kota Ambon, yang bersumber dari DAS Batugantung. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi dampak perubahan penggunaan lahan terhadap karakteristik hidrologi, erosi, dan sedimen di DAS Batugantung, dan merumuskan pengelolaan lahan alternatif “dusun” untuk keberlanjutan pendapatan dan sumberdaya air. Hasil penelitian menunjukkan kerapatan vegetasi pada penggunaan lahan “dusun” dapat menggantikan fungsi hutan dalam keberlanjutan fungsi hidrologi DAS, menurunkan laju aliran permukaan dan mampu mengendalikan laju erosi tanah, dan meningkatkan pendapatan petani “dusun”. Dengan mempertahankan minimal 30% hutan dalam pengelolaan lahan “dusun” di DAS Batugantung dapat diperoleh debit aliran sungai 75,66 liter/detik, menurunkan erosi hingga 27,62 ton/ha/tahun, dan peningkatan pendapatan petani dusun hingga Rp.15,64 juta/ha/tahun. Pengelolaan DAS dengan mempertahankan 30% hutan pada wilayah DAS, diterapkan pada DAS lainnya di kota Ambon maka dapat diperoleh debit aliran sumberdaya air rata-rata di kota Ambon adalah: $13,07 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{hari}$.

Kata kunci : Sumberdaya air, debit, dusun, erosi dan sedimen, pendapatan

LAND MANAGEMENT ALTERNATIVES FOR WATER RESOURCES CONSERVATION ON BATUGANTUNG WATERSHED IN AMBON CITY

ABSTRACT

Land degradation on the upper stream area in Ambon island has reduced the availability of fresh water for the peoples. An available fresh water supports only 19.14% of total population. This research was carried out to solve the problem of water resources shortage in Ambon city which is sourced from Batugantung. The objectives of this research were to evaluate the impact of land use changes on the income, hydrological characteristics, erosion and sedimentation in Batugantung watershed. The result of this research showed that the increasing density and coverage of vegetation can increase the sustainability of land and water resources. The increasing vegetation density in agroforestry land use can imitate the role of forest in sustaining watershed hydrological function, decreasing runoff, controlling erosion as well as increasing farmer's income. By keeping at least 30% forest in *dusun* land use management in Batugantung watershed, it can sustain water yield about 75.66 liters.s⁻¹, decrease erosion to 27.62 ton.year⁻¹, and increase farmers income up to Rp. 15.64 million ha⁻¹.year⁻¹. By applying the result of this research to other watersheds in Ambon island, the availability water resources will be about $13.07 \times 10^5 \text{ m}^3.\text{day}^{-1}$. This amount of water resources can fulfill present total requirement of fresh water for 380 thousand peoples in Ambon island which is only $6.08 \times 10^4 \text{ m}^3.\text{day}^{-1}$.

Keywords: Water resources, discharge, dusun (indigenous agroforestry system), erosion and sediment yield, income.

PENDAHULUAN

Fenomena banjir dan kekeringan yang melanda seluruh wilayah Indonesia beberapa tahun terakhir ini merupakan salah satu akibat

dari alih guna lahan hutan menjadi non hutan (pertanian, pemukiman, industri, dll.) di daerah aliran sungai (DAS). Alih guna lahan hutan menjadi non hutan berlangsung seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk.

Wahyunto *et al.* (2001), melaporkan telah terjadi pengurangan luas hutan dan sawah di DAS Citarik, Jawa Barat akibat pertambahan penduduk, perkembangan pembangunan dan industri. Penurunan ini menurunkan daya sangga air DAS (Talaohu *et al.*, 2001). Perubahan penggunaan lahan di Bopunjur (DAS Ciliwung) dalam periode tahun 1987-1999, mengakibatkan penurunan debit minimum harian dan peningkatan debit maksimum harian karena rendahnya kapasitas DAS menginfiltrasi air hujan (Wahyunto *et al.*, 2001). Rendahnya kapasitas infiltrasi DAS akan meningkatkan aliran permukaan, dan mengindikasikan ancaman banjir dimusim hujan (Agus *et al.*, 2003). Ambon sebagai ibukota propinsi Maluku, arus urbanisasi penduduk dari desa ke kota Ambon terus meningkat dari tahun ke tahun menyebabkan kebutuhan akan lahan untuk pertanian maupun pemukiman juga meningkat. Hal ini telah mendorong alih guna lahan hutan terutama di wilayah DAS menjadi pemukiman dan penggunaan lainnya ikut meningkat. Hal ini berakibat pada kerusakan lahan, ancaman banjir dan kekeringan, erosi, rusaknya sistem hidrologi DAS, dan sumberdaya air di wilayah DAS terancam kering. Dampak ikutannya adalah kebutuhan air baku yang bersumber dari wilayah DAS menjadi terbatas. Upaya pengelolaan sumber daya alam pulau-pulau kecil seperti pulau Ambon, diperlukan kewaspadaan tinggi, karena eksploitasi sumber daya alam yang berlebihan akan berdampak pada kepunahan sumber daya hayati endemik lokal, dan ancaman terhadap sumber daya air yang awalnya sudah terbatas, sebagai salah satu penciri utama pulau-pulau kecil.

Sejumlah DAS di pulau Ambon tergolong kritis, dan berdampak pada terbatasnya pemenuhan air baku bagi masyarakat di pulau Ambon. Sebagai gambaran untuk kota Ambon, hanya 19,14% dari jumlah penduduk yang telah menikmati pelayanan jasa PDAM dan selebihnya memperoleh air baku dari sumur dan sumber mata air di DAS (BPS Kota Ambon, 2007). Untuk menjawab masalah sumber daya air

di pulau Ambon, maka DAS Batugantung dipilih sebagai perwakilan dari DAS kritis di pulau Ambon untuk kajian penelitian ini, dengan pertimbangan : 1) Sumber mata air "Air keluar" di desa Kusu-Kusu Sereh, DAS Batugantung mensuplai $\pm 30\%$ kebutuhan air untuk PDAM kota Ambon; 2) Efisiensi energi dan biaya (mengandalkan energi gravitasi untuk mengalirkan air); 3) Mewakili keragaman biofisik lahan DAS di pulau Ambon. Penelitian ini bertujuan untuk: 1). Mengevaluasi dampak perubahan penggunaan lahan terhadap karakteristik hidrologi, erosi, sedimentasi, dan pendapatan petani di DAS Batugantung, pulau Ambon; 2). Mengoptimalkan penggunaan lahan sekarang (*present land use*) untuk menjamin ketersediaan sumber daya air yang berkelanjutan; 3) Menyusun alternatif pengelolaan lahan "dusun" yang dapat menurunkan erosi, meningkatkan pendapatan petani dusun serta mengembangkan sumber daya air yang berkelanjutan di pulau Ambon. Manfaat penelitian ini adalah : 1) Sebagai masukan bagi pemerintah Daerah kota Ambon untuk perencanaan pengembangan wilayah kota Ambon, khususnya yang berkaitan dengan pelestarian sumber daya air di pulau Ambon; 2) Sebagai bahan pertimbangan bagi Sub Balai Penelitian DAS Kabupaten/kota di Ambon dalam perencanaan tata guna lahan kawasan DAS pulau Ambon, dan pulau-pulau kecil lainnya di Propinsi Maluku. 3) Pengembangan ilmu pengetahuan khususnya yang terkait dengan perencanaan tata guna lahan pada wilayah DAS pulau-pulau kecil.

METODOLOGI

Penelitian lapangan dilaksanakan di DAS Batugantung, kota Ambon, dari bulan Mei - Nopember 2005. Analisis Tanah dilakukan di Laboratorium Tanah, Departemen Ilmu Tanah dan Sumber daya Lahan IPB Bogor.

Pengumpulan data dilakukan menggunakan metode survei disertai pengukuran permeabilitas profil di lapang. Pengumpulan

data sosek dilakukan menggunakan questioner, dan analisis laboratorium untuk sifat fisik dan kimia tanah. Data yang dikumpulkan terdiri dari data primer dan sekunder yakni: (1) data penggunaan lahan pulau Ambon, dan DAS Batugantung; (2) data debit sungai Batugantung; (3) data iklim pulau Ambon; (4) Data sifat fisik tanah (kedalaman efektif tanah, tekstur, struktur, kandungan bahan organik tanah, dan permeabilitas profil tanah); dan (5) data sosial ekonomi.

Analisis data dibagi atas 3 tahap.

Tahap 1: Analisis dampak perubahan penggunaan lahan terhadap karakteristik hidrologi melalui analisis neraca air lahan dengan pendekatan model neraca air Stanford IV (Crawford dan Linsley, 1966). Langkah awal yang dilakukan adalah kalibrasi dan validasi model neraca air. Setelah model neraca air dinyatakan valid, selanjutnya model ini digunakan untuk mensimulasi skenario penggunaan lahan hubungannya dengan "water yield". Data *input* model terdiri dari: data tipe dan luas penggunaan lahan, data iklim (suhu, curah hujan) tahun 1997-2006, dan sifat fisik tanah (tinggi muka air tanah, persentase penutupan lahan, dan lereng). *Output* model terdiri dari neraca air permukaan dan bawah permukaan. Penyusunan skenario didasarkan atas program reboisasi dan rehabilitasi lahan kritis oleh pemerintah pusat dan daerah khususnya di kota Ambon. Skenario yang dibuat terdiri dari : (1) Kondisi eksisting tahun 2005; (2) Dusun vegetasi jarang dan penggunaan non hutan kecuali pemukiman dikonversi menjadi hutan; (3) Pemukiman+dusun +20% hutan; (4) Pemukiman + dusun + 30% hutan; (5) Pemukiman + dusun + 40% hutan; (6) Pemukiman + dusun + 50% hutan. **Tahap 2:** Analisis Agroteknologi, bertujuan untuk mengevaluasi perubahan penggunaan lahan terhadap erosi dan sedimentasi. Besarnya erosi diprediksi menggunakan metode USLE (*Universal Soil Loss Equation*) dalam Arsyad (2000); dan sedimentasi diprediksi menggunakan model regresi berganda (Suripin,

2001), dengan model matematika: $SY = 6,38 \times 10^{-4} \times (Q_{wa})^{0,995} \times S^{1,582} \times (D_d)^{0,43}$ (SY = sedimen yield dalam ton/ha/tahun; Q_{wa} = debit tahunan dalam milimeter; S = kemiringan lereng rata-rata dalam persen; dan D_d = kerapatan drainase dalam km/km²). **Tahap 3:** Analisis biaya, pendapatan, dan kemungkinan pengembangan investasi usahatani dusun. Parameter ekonomi yang digunakan adalah B/C ratio. NVP (*net present value*), IRR (*internal rate of return*), dan analisis *payback period* (PBP) dengan faktor diskonto 12%. Analisis optimalisasi penggunaan lahan (dengan *software ABQM: Multiple Goal Programming*), didasarkan atas hasil skenario terbaik dan kajian agroteknologi pola dusun yang memberikan hasil air (*water yield*) optimal, erosi lahan lebih kecil atau sama dengan erosi yang masih dapat ditoleransikan (E-tol), dan pendapatan yang dapat memenuhi kebutuhan hidup layak secara berkelanjutan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Perubahan Penggunaan Lahan

Hasil analisis perubahan penggunaan Lahan DAS Batugantung menunjukkan bahwa penggunaan lahan hutan berkurang 64,32 ha (100%) dari tahun 1989 ke tahun 2005. Demikian halnya pada penggunaan lahan semak-belukar berkurang 146,2 ha (47,93%). Sebaliknya penggunaan lahan dusun, pemukiman dan alang-alang mengalami pertambahan luas, masing-masing : dusun 151,58 ha (13,42%), pemukiman 76,56 ha (37,1%), dan alang-alang 6,48 ha (100%). Data perubahan luas penggunaan lahan DAS Batugantung periode 1989 – 2005, disajikan pada Tabel 1. Alih guna lahan hutan menjadi lahan pemukiman dan pertanian, berdampak pada penurunan debit sungai dan sumber mata air yang berada di DAS Batugantung (sumber "air keluar"). Lahan dusun merupakan penggunaan lahan terluas yakni 1129,52 ha pada tahun 1989 menjadi 1281,10 ha pada tahun 2005; terletak pada lereng datar (3%) sampai sangat curam ($\geq 45\%$).

Tabel 1. Perubahan Penggunaan Lahan DAS Batugantung Tahun 1989 - 2005

Jenis Penggunaan Lahan	Tahun 1989		Tahun 2000		Tahun 2005		Perubahan : 1989-2005	
	Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%
Hutan	64,32	3,72	23,58	1,36	0,00	0,00	-64,32	-100,00
Belukar-								
belukar	305,04	17,64	237,34	13,72	158,84	9,19	-146,2	- 47,93
Alang-alang	0,00	0,00	3,45	0,20	6,48	0,37	6,48	100,00
Pemukiman	206,34	11,93	252,09	14,58	282,90	16,36	76,56	37,10
Ladang	24,10	1,39	0,00	0,00	0,00	0,00	-24,10	-100,00
Dusun	1129,52	65,32	1212,86	70,14	1281,10	74,08	151,58	13,42
Total	1729,32	100,00	1729,32	100,00	1729,32	100,00		

Semak belukar berawal dari sistem ladang pertanian berpindah (*shifting cultivation*), ditemukan umumnya di lahan berbatu induk koral. Ladang merupakan praktek pertanian lahan kering yang berada di lahan dusun pada awal pembukaan lahan hutan atau pada dusun yang telah terbentuk, kemudian ditinggalkan ketika tidak produktif lagi sehingga berkembang menjadi lahan alang-alang dan semak belukar. Tanaman pangan untuk konsumsi keluarga, menyatu dengan lahan dusun (*multiple cropping system*). Petani dusun di wilayah DAS Batugantung, hanya mengandalkan bahan organik alami sebagai sumber pupuk dalam praktek usahatannya. Produksi pertanian dusun saat ini masih tergolong rendah, belum memenuhi kebutuhan hidup layak secara ekonomi. Pola dan jarak tanam yang tidak teratur merupakan salah satu penyebab utama dalam penurunan produksi usahatannya. Luas lahan petani dusun umumnya ≥ 2 hektar dengan status kepemilikan: tanah warisan dan "tanah dati". Luas lahan petani dusun di DAS Batugantung cukup tersedia namun belum dikelola secara optimal.

Analisis Dampak Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Karakteristik Hidrologi

Kalibrasi dan Validasi Model Neraca Air

Untuk menganalisis hasil air bulanan digunakan model neraca air yang akan dikalibrasi dan divalidasi lebih dahulu

menggunakan data iklim dan data debit sungai Batugantung tahun 1998. Uji statistik terhadap pasangan data total hasil air bulanan debit pengukuran dan debit hasil model pada $\alpha = 0,05$, tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan; standar deviasi 97,8 dan koefisien determinasi (R^2) 0,96. Koefisien determinasi yang signifikan menunjukkan bahwa model neraca air yang digunakan, mampu menggambarkan dampak perubahan penggunaan lahan terhadap hasil air bulanan, dan dapat dipergunakan sebagai alat untuk analisis permasalahan sumberdaya air di pulau Ambon. Hasil uji selengkapnya disajikan pada Tabel 2, dan hidrografnya pada Gambar 1.

Dari total hujan (3811,28 mm) tahun 1998, sebanyak 1702,55mm berubah menjadi debit aliran dengan koefisien aliran permukaan tahunan 0,45. Hasil analisis hidrograf diperoleh 1038,07 mm (61,03%) berupa aliran permukaan (*runoff*), aliran dasar (*baseflow*) 480,12 mm (28,2%) dan aliran lateral (*interflow*) 183,36 mm (10,77%). Sebaliknya dari model diperoleh total debit aliran 1767,94 mm dengan koefisien *runoff* 46,39%. Dari analisis hidrograf diperoleh 1524,32 mm (86,22%) merupakan *runoff*; *baseflow* 157,35 mm (8,9%) dan *interflow* 86,27 mm (4,28%).

Tabel 2. Uji Beda antara Debit Pengukuran dengan Debit Model

Bulan	Curah Hujan (mm) Tahun 1998	Rata-rata Debit (mm)		
		Pengukuran	Model	Beda
Januari	19,4	31,45	26,02	5,44
Pebruari	46,5	36,86	35,24	1,62
Maret	149,5	69,91	61,92	7,99
April	278,7	130,21	125,36	4,85
Mei	436,3	194,01	197,91	3,90
Juni	750,1	317,55	338,31	20,76
Juli	696,3	294,96	314,51	19,55
Agustus	550,0	229,69	249,22	19,53
September	250,8	112,75	115,49	2,74
Oktober	238,3	106,57	111,09	4,52
Nopember	211,0	98,43	100,58	2,15
Desember	184,4	80,06	92,27	12,21
Total	3811,3	1702,55	1767,94	
Rata-rata	317,81	141,88	147,33	8,77

Standar deviasi gabungan Q_u dan Q_m (SD_p) = 98,07

$R^2 = (SD_p)^2 / SD_{Q_u} * SD_{Q_m} = 0,96$. $r = 0,98$.

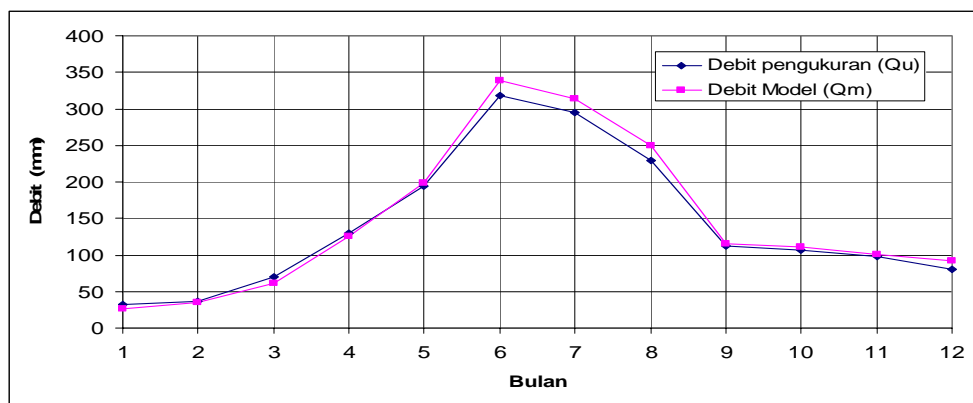
Standar deviasi (SD) beda rata-rata Q_u dan Q_m = $SD_Q = 7,31$

Beda rata-rata Q_u dan Q_m = $M_Q = 8,77$

Q_u dikatakan tidak berbeda dengan Q_m jika : $M_Q / SD_Q < t_{(\alpha; n-1)}$

$8,77 / 7,31 < t_{(0,05; 11)}$

$1,20 < 1,796$



Gambar 1. Perbandingan hidrograf debit pengukuran dengan debit Model

Rendahnya air hujan yang diinfiltrasi oleh DAS, disebabkan oleh kondisi biofisik lahan yang didominasi oleh bahan induk koral (65,23%), sehingga sebagian air hujan ter-

perangkap di dalam rongga batuan yang kemudian terakumulasi di lapisan padas sebagai "ground water" dan sulit diketahui sumbernya untuk dimanfaatkan.

Dampak Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Karakteristik Hidrologi DAS Batugantung

Karakteristik hidrologi yang dikaji sebagai dampak dari perubahan penggunaan lahan adalah total hasil air bulanan, serta *runoff*, *baseflow*, dan *interflow* tahunan. Tabel 3, memperlihatkan bahwa perubahan penggunaan lahan DAS Batugantung (tahun 1989–2005) berdampak pada penurunan debit aliran bulanan, *baseflow*, dan *interflow*. Sebaliknya *runoff* cenderung meningkat akibat menurunnya daya infiltrasi air ke dalam tanah sebagai dampak dari alih guna lahan hutan menjadi non hutan. Persentase

curah hujan tahun 1989-2005, yang berubah menjadi debit aliran sungai berkisar antara 64,14–76,23%. Sebaliknya *runoff* cenderung terus meningkat seiring dengan laju alih guna lahan hutan menjadi lahan pertanian dan pemukiman. Hal ini disebabkan selain kemampuan tanah meretensi air berkurang juga pengaruh faktor lereng yang curam-sangat curam ($> 45\%$), serta persentase tutupan lahan yang rendah. Pola hujan yang sangat bervariasi setiap tahun di pulau Ambon, menimbulkan dampak yang beragam pula terhadap karakteristik hidrologi DAS Batugantung khususnya, dan DAS lainnya di pulau Ambon.

Tabel 3. Dampak Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Debit Aliran Bulanan Sungai Batugantung.

Bulan	Curah Hujan (mm)			Debit (mm) Prediksi			Perubahan debit 1989 - 2005
	1989	2000	2005	1989	2000	2005	
Januari	282,0	124,0	87,3	147,78	41,90	41,57	- 106,21
Pebruari	113,0	347,5	51,6	91,34	128,77	41,65	- 49,69
Maret	80,0	231,5	202,7	104,77	222,95	171,11	+ 66,34
April	185,0	241,0	240,2	173,04	115,80	189,64	+16,60
Mei	183,0	816,0	589,4	162,51	374,78	381,28	+ 218,77
Juni	805,0	711,0	348,0	380,62	919,23	279,56	- 101,06
Juli	410,0	1024,6	560,0	310,01	403,62	344,48	+ 34,47
Agustus	465,0	0,0	211,7	347,45	262,61	169,87	- 177,58
September	217,0	481,3	93,2	205,83	157,57	74,23	- 131,61
Oktober	116,0	355,0	227,9	123,83	49,06	189,52	+ 65,69
Nopember	35,0	0,0	89,8	97,05	50,42	78,15	- 18,90
Desember	225,0	0,0	173,4	230,97	51,99	152,93	- 78,04
Rataan	259,7	361,0	239,6	197,93	231,56	176,16	- 21,77
Total	3116,0	4331,90	2875,20	2375,21	2778,69	2113,98	- 261,23
Koef.							
Runoff				(0,76)	(0,64)	(0,73)	
<i>Runoff</i>	-	-	-	1524,17	2295,63	1564,41	+40,24
<i>Baseflow</i>	-	-	-	489,70	314,73	353,00	-136,7
<i>Interflow</i>	-	-	-	361,34	168,32	217,27	-144,07

Optimalisasi Pengelolaan Dusun Untuk Pengembangan Potensi Sumberdaya Air

Optimalisasi pengelolaan dusun untuk pengembangan potensi sumberdaya air di DAS Batugantung dilakukan menggunakan

model neraca air dengan teknik simulasi terhadap beberapa skenario penggunaan lahan seperti yang telah diuraikan dalam metode penelitian. Debit aliran bulanan, *runoff*, *baseflow*, dan *interflow* tahunan dari setiap skenario disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan pada berbagai Skenario terhadap debit aliran, *Runoff*, *Interflow*, dan *Baseflow*.

Bulan	Curah Hujan Tahun : 1997-2006	Hasil Air pada Skenario						
		0 (existing)*	1 (D+P + 26%H)	2 (P+ 84%H)	3 (P+D +20%H)	4 (P+D +30%H)	5 (P+D +40%H)	6 (P+D +50%H)
..... mm								
Januari	82,46	20,02	35,02	75,11	31,41	38,35	43,28	51,75
Pebruari	114,30	44,17	68,42	99,83	65,11	73,74	86,42	95,44
Maret	200,40	102,42	98,53	65,29	95,04	88,88	83,93	77,70
April	205,31	104,35	88,44	68,65	97,02	83,68	84,74	78,30
Mei	503,40	197,02	159,14	79,89	164,35	147,00	112,37	92,62
Juni	739,87	273,48	246,34	198,56	261,37	240,46	226,00	217,37
Juli	530,52	184,59	147,60	86,13	178,04	156,41	109,54	98,32
Agustus	172,70	98,61	86,22	84,68	93,24	89,54	84,71	79,57
September	204,20	108,79	97,87	90,66	100,25	87,20	96,79	92,39
Oktober	128,60	99,43	97,56	127,70	95,29	99,55	119,70	125,93
Nopember	101,31	85,46	103,02	142,04	99,22	112,35	122,40	137,89
Desember	160,90	93,80	121,45	144,45	96,78	123,51	129,77	138,85
Rataan	262,00	117,68	112,47	105,22	114,76	111,76	108,30	107,18
Total	3143,97	1412,16	1349,60	1262,99	1377,12	1341,16	1299,65	1286,12
Koef. RunOff	(0,45)							
Runoff	-	606,23	499,87	332,75	528,37	464,32	416,19	384,48
Baseflow	-	348,74	516,12	649,12	496,70	534,70	593,82	604,99
Interflow	-	457,19	333,61	281,12	352,04	346,14	289,64	296,65

Keterangan: D = Dusun; H = Hutan; P = Pemukiman

*). Penggunaan Lahan DAS Batugantung tahun 2005.

Untuk DAS Batugantung hasil air optimum diperoleh pada skenario 4, dengan debit tertinggi 240,46 mm (1,55 m³/det) dan minimum 38,85 mm (0,25 m³/det) dengan Q_{max}/Q_{min} 6,19. Skenario 2 diperoleh debit aliran bulanan tertinggi namun sulit untuk diterapkan pada kondisi DAS Batugantung saat ini, karena adanya pertanian dusun tersebut. Skenario lainnya, merupakan pilihan alternatif untuk rencana program reboisasi dan rehabilitasi lahan kritis untuk pengembangan sumberdaya air dan ekonomi masyarakat di pulau Ambon. Pola dusun di DAS Batugantung, pulau Ambon dan Maluku pada umumnya jika dikelola secara baik dengan penerapan sistem pertanian konservasi akan memberikan manfaat ekonomi dan ekologi secara berkelanjutan. Kenyataan ini ditemukan pada dusun vegetasi rapat di DAS

Batugantung, terukur dari nilai erosi lahannya lebih rendah dari erosi yang dapat ditoleransikan (E-tol), dan produktivitas lahannya juga lebih tinggi. Pengembangan pola dusun dengan menerapkan sistem pertanian konservasi, dapat menggantikan peranan hutan dalam mempertahankan fungsi hidrologi DAS dan manfaat ekonomi secara berkelanjutan. Peningkatan luas hutan, menurunkan rasio Q_{max}/Q_{min}, dan meningkatkan *baseflow* akibat peningkatan kapasitas infiltrasi tanah. Sebaliknya *runoff* cenderung menurun dengan peningkatan luas hutan.

Analisis Agroteknologi

Karakteristik Biofisik Lahan DAS Batugantung

Berdasarkan hasil penelitian lapangan diperoleh luas DAS Batugantung adalah 1729,32 hektar. Komposisi penggunaan lahan DAS Batugantung tahun 2005 seperti pada Tabel 1. Dusun merupakan penggunaan lahan terluas: 1281,1 ha yang kemudian dibedakan berdasarkan persentase tutupan lahan dan kerapatan vegetasi sbb: dusun vegetasi rapat (DVR) seluas 66,78 ha, dusun vegetasi sedang (DVS) 929,7 ha; dan dusun vegetasi jarang (DVJ) seluas 284,62 ha. Wilayah DAS Batugantung tersusun dari bahan induk koral 65,23%; granit 21,13%; dan bahan lepas 13,64%. Luasnya bahan induk koral di DAS Batugantung, mencirikan karakteristik hidrologi dan sifat-sifat tanah yang khas

untuk pulau-pulau kecil. Jenis tanah yang dijumpai adalah: Litosol (*Lythic Udorthens*), Brunisem (*Humic Dystrudepts*), Kambisol (*Typic Dystrudepts*), Regosol (*Typic Udipsamments*) dan Podsolik (*Typic Hapludult*). Topografi DAS Batugantung dibedakan atas 7 klas lereng yaitu: lereng 0-3% (datar), 3-8% (landai atau berombak), 8-15% (agak miring atau bergelombang), 15-30% (miring atau berbukit), 30-45% (agak curam atau bergunung), 45-60% (curam), dan $\geq 60\%$ (sangat curam). Lereng $\geq 30\%$ menempati luasan terbesar yaitu 724,7 ha (41,91%). Pengaruh lereng $\geq 30\%$ sangat besar terhadap daya infiltrasi air ke dalam tanah, laju aliran permukaan, dan erosi tanah. Besarnya erosi tanah pada berbagai penggunaan lahan di DAS Batugantung disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Erosi Tanah Pada Berbagai Penggunaan Lahan di DAS Batugantung

Penggunaan lahan	Luas (ha)	Erosi E-Tol		Erosi E-Tol		Erosi E-Tol		Erosi E-Tol		Total	
		Lereng 3%		Lereng 8%		Lereng 15%		Lereng ≥ 30%		Erosi	E-tol
.....ton/ha											
DVR	66,78	0,11	1,29	0,15	1,19	0,27	1,09	3,71	5,24	4,25	8,80
DVS	929,70	0,77	2,03	1,00	2,33	1,62	1,73	5,54	4,80	8,93	10,89
DVJ	292,63	-	-	-	-	0,56	0,32	22,88	11,43	23,43	11,79
Semak-belukar	158,84	0,10	0,44	0,87	0,83	0,42	0,93	13,02	9,57	14,42	11,78
Alang-alang	6,48	-	-	0,17	5,00	-	-	0,45	7,84	0,62	12,83
Pemukiman	282,90	2,82	4,43	6,71	3,92	3,10	3,01	8,92	3,39	21,54	14,75
Total	1729,32									73,20	70,83

Penggunaan lahan dusun (DVR dan DVS) erosinya lebih kecil dari pada E-tol. Sebaliknya penggunaan lahan DVJ, semak belukar dan pemukiman erosinya lebih dari E-tol, untuk itu diperlukan tindakan konservasi tanah dan air agar erosi lahannya \leq E-tol. Hasil sedimen terhitung dengan metode regresi berganda (Suripin,1998) adalah : 0,03 ton/ha/tahun atau 51,88 ton/tahun untuk sedimen total di DAS Batugantung, pulau Ambon.

Analisis Biaya dan Pendapatan Usahatani Dusun

Pendapatan usahatani dusun di desa Kusu-kusu Sereh, kawasan DAS Batugantung bersumber terutama dari tanaman buah-buahan (durian, gandaria, langsung, manggis) dengan pendapatan netto rata-rata: Rp. 13,8 juta/ha/tahun. Pendapatan ini belum mencapai kebu-tuhan hidup layak. Namun dari luas lahan usahatani (≥ 2 ha), masih memungkinkan untuk pengembangan tanaman produktif lainnya (Tabel 6), dengan

penerapan sistem pertanian konservasi. Tanaman rempah (cengkeh, dan pala) sesungguhnya masih berpotensi untuk

meningkatkan pendapatan usahatani tetapi kurang mendapat perhatian dari petani dusun di wilayah DAS Batugantung.

Tabel 6. Pendapatan Usahatani Dusun Berkelanjutan di Daerah Aliran Sungai (DAS) Batugantung, kota Ambon.

Jenis Tanaman	Pendapatan Rp./tahun)	JenisTanaman	Pendapatan Rp./tahun)
Durian	2.500.000,-	Gandaria	5.000.000,-
Rambutan	4.000.000,-	Manggis	100.000,-
Nangka	1.000.000,-	Cengkeh	750.000,-
Alpoket	500.000,-	Pala	1.000.000,-
Langsat/duku	2.500.000,-	Kelapa	450.000,-
Total Penerimaan Usahatani		: Rp. 17.800.000,-/ha/tahun	
Pengeluaran Usahatani		: Rp. 2.000.000,-/ha/tahun	
Pendapatan Neto Usahatani		: Rp. 15.800.000,-/ha/tahun	
Kebutuhan Hidup Layak (KHL)		: Rp. 8.000.000,-/kapita/tahun	

Tabel 6, menyajikan suatu pola usahatani dusun berkelanjutan melalui pengelolaan beberapa komoditas tanaman unggulan lokal yang berpotensi memperoleh peningkatan pendapatan dalam waktu relatif pendek (5-15 tahun). Pendapatan maksimum untuk tanaman durian dan gandaria dicapai pada umur tanaman di atas 10 tahun.

Sesuai Tabel 6, dilakukan analisis investasi usahatani dusun, dengan parameter eko-nomi: B/C ratio, NPV (*Net Present Value*), IRR (*Internal Rate of Return*), dan *pay back period* (PBP) dan hasilnya seperti pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Analisis NPV, BCR, IRR, dari Usahatani Dusun pada *Discount Rate* (DR) 12%, Untuk Jangka Waktu 15 Tahun

Parameter Ekonomi	Nilai (Rp.)	Parameter Ekonomi	Nilai
<i>Net Benefit</i> (B)	40.755.500,00	<i>Net B/C</i>	2,31
<i>Net Cost</i> (C)	17.653.000,00	<i>IRR</i> (%)	25,93
<i>Net NPV</i>	23.102.500,00	<i>Payback Period</i> (tahun)	8,3

Dusun yang telah dikelola dengan baik melalui input agroteknologi mampu meningkatkan pendapatan neto dari Rp 13,84 juta menjadi Rp. 15,8 juta/ha/tahun. Pendapatan ini cukup memenuhi kebutuhan hidup petani dusun secara berkelanjutan. Pendapatan usahatani dusun sebelum adanya input agroteknologi masih dibawah kebutuhan hidup layak. Hasil ini sesuai dengan (Juarsah, 2007; Mulyani, *et al.* 2007), bahwa input teknologi konservasi dalam pola usahatani lahan kering dapat meningkatkan

produktivitas lahan melalui perbaikan sifat fisik dan kimia tanah.

Optimalisasi Pengelolaan Lahan Dusun

Hasil analisis optimalisasi pengelolaan lahan "dusun" terhadap pendapatan (Tabel 6), erosi (Tabel 5), dan hasil air sesuai skenario-4 (Tabel 4) diperoleh: pendapatan neto usahatani dusun di DAS Batugantung Rp. 15,64 juta/ha/tahun; erosi 27,62 ton/ha; dan hasil air rata-rata 75,66 liter/det. atau 6537,02 m³/hari.

Erosi yang diperoleh dari hasil optimalisasi ini $< E\text{-tol}$. Debit hasil optimalisasi ini dapat memenuhi 56,98% kebutuhan air PDAM kota Ambon tahun 2007 yakni $344.187,4 \text{ m}^3/\text{bulan}$. Untuk memenuhi kebutuhan air baku penduduk kota Ambon (± 270.000 jiwa) diperlukan $4,32 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{hari}$. Potensi sumberdaya air di DAS Batugantung yang dapat diperoleh dari hasil penelitian ini adalah $0,25 \text{ m}^3/\text{detik}$ atau $2,16 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{hari}$ dan dapat mensuplai 50% kebutuhan air baku bagi penduduk kota Ambon; sedangkan untuk penduduk pulau Ambon (± 380.000 jiwa) diperlukan $6,08 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{hari}$, dengan dasar perhitungannya 160 liter/jiwa/hari. Penerapan hasil optimalisasi lahan di DAS Batugantung untuk seluruh DAS kritis lainnya di pulau Ambon dapat didasarkan pada kesamaan biofisik lahan yang ada, dan akan diperoleh potensi air total $13,07 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{hari}$. Hasil air ini dapat memenuhi kebutuhan air baku penduduk pulau Ambon secara berkelanjutan dengan syarat luas hutan minimal 30% dari luas pulau Ambon harus terpenuhi.

KESIMPULAN

1. Dalam periode tahun 1989-2005, di DAS Batugantung telah terjadi pengurangan luas hutan, ladang, dan semak belukar. Sebaliknya terjadi peningkatan luas lahan pemukiman, alang-alang, dan dusun.
2. Perubahan penggunaan lahan di wilayah DAS Batugantung dari tahun 1989-2005 berpengaruh terhadap penurunan debit aliran bulanan, *baseflow* dan *interflow* tahunan, tetapi meningkatkan *runoff* bulanan maupun tahunan.
3. Erosi yang terjadi di DAS Batugantung saat ini melebihi erosi yang dapat ditoleransikan yakni $73,20 \text{ ton/tahun}$ dengan total sedimen $56,06 \text{ ton/tahun}$.
4. Pengelolaan “dusun” dengan mempertahankan hutan 30% dari luas DAS Batugantung memberikan debit aliran optimal $75,66 \text{ liter/det}$, erosi $27,62 \text{ ton/tahun}$, dan pendapatan neto Rp. 15,64 juta/ha/tahun setelah melalui perbaikan

jenis, pola dan jarak tanam pada sistem usahatani “dusun” yang telah ada. “Dusun” dengan vegetasi rapat cukup efektif dalam pengendalian erosi tanah dan konservasi sumber daya air.

5. Potensi sumberdaya air di DAS Batugantung $0,25 \text{ m}^3/\text{detik}$ atau $2,16 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{hari}$ dapat memenuhi kebutuhan 50% dari air baku penduduk kota Ambon tahun 2007.
6. Penerapan hasil optimalisasi lahan di DAS Batugantung untuk DAS kritis lainnya di pulau Ambon, dapat diperoleh total debit air $13,07 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{det/hari}$. Jumlah air ini dapat memenuhi kebutuhan air baku bagi sekitar 380 ribu penduduk pulau Ambon tahun 2007.
7. Lereng lebih dari 30% seluas 724.845 ha ($41,91\%$) dari luas wilayah DAS Batugantung sangat berperan terhadap *runoff* dan erosi tanah di DAS Batugantung. Pengendalian erosi tanah dengan sistem rorak dan penanaman menurut kontur (*contour farming*) sangat dianjurkan untuk menekan laju *runoff*.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus F., Wahyunto, and G. Irianto, 2003. Evaluation of flood mitigation function of several land use systems in selected areas of Java, Indonesia. Paper presented at Japan/OECD Expert Meeting on Land Conservation Indicators, 13-15 May, 2003. Kyoto, Japan.
- Arsyad S. 2000. Konservasi Tanah dan Air. Edisi pertama, Cetakan ketiga. IPB Press. Bogor.
- BPS Propinsi Maluku. 2006. Maluku Dalam Angka 2005/2006.
- BPS Kota Ambon., 2007. Kota Ambon Dalam Angka Tahun 2007.
- Crawford, N. H. and R. K. Linsley. 1966. Digital Simulation in Hydrology:

- Stanford Watershed Model IV. Tech. Report No. 39. Department of Civil Engineering Stanford University, Stanford, California.
- Juarsah, I. 2007. Implementasi Sistem Pola Tanam Usahatani Konservasi terhadap Peningkatan Produktivitas Lahan dan Pendapatan Petani. Balai Penelitian Tanah Bogor, *dalam* Prosiding Seminar dan Kongres Nasional MKTI VI. Bogor, 17-18 Desember 2007, Hlm. 373-246.
- Mulyani A., A. Dariah, dan Ropik. 2007. Karakteristik Lahan dan Arah Penggunaan Lahan Berwawasan Konservasi di kabupaten Temanggung, Jawa Tengah. Balai Penelitian Tanah Bogor, *dalam* Prosiding Seminar dan Kongres Nasional MKTI VI. Bogor, 17-18 Desember 2007, Hlm. 213-227.
- Pawitan, H. 1998. Tinjauan Penelitian dan Pemodelan Hidrologi Daerah Aliran Sungai. Bahan Diskusi Program Penelitian pada Balai Teknologi Pengelolaan DAS Solo, 22 Januari 1998. Jurusan Geofisika dan Meteorologi, FMIPA IPB, Bogor.
- Suripin, 2002. Pelestarian Sumberdaya Tanah dan Air. Penerbit Andi Yogyakarta
- Suryani E. dan F. Agus. 2004. Perubahan Penggunaan Lahan dan Dampaknya Terhadap Karakteristik Hidrologi: Suatu studi di DAS Cijalumpang, Bandung, Jawa Barat. *Dalam* Prosiding Seminar Nasional Multifungsi Pertanian dan Ketahanan Pangan. Bogor, 12 Oktober dan 24 Desember 2004. Hlm. 83-106.
- Talaohu, S.H., F. Agus, Irianto G. 2001. Hubungan Perubahan Penggunaan Lahan dengan Daya Sangga air Sub DAS Citarik dan DAS Kaligarang. *dalam* Prosiding Seminar Nasional Multifungsi Lahan Sawah. Bogor, 1 Mei 2001, hlm. 93-102. Puslitbangtanak bekerja sama dengan MAFF Jepang dan Sekretariat Asean.